

360°カメラを活用したトンネル覆工背面の空洞探査

JR 東日本コンサルタンツ 正会員 ○小林 徹也
応用地質株式会社 非会員 平田 諒次

1. はじめに

トンネル健全度を調査するうえで、覆工内部および背面の状態を確認することが必要となる。主な調査方法としては、電磁波レーダーを活用した非破壊計測方法や、コア採取による実構造物の内部計測方法がある。後者は、併せてファイバースコープ等の内視鏡を活用することで地山の状態や覆工コンクリートの巻厚、背面空洞の有無を正確に把握することができ、撮影画像を保存することで机上での検討においても有効的である。

鉄道事業の調査においては、最終列車から始発列車までの限られた作業時間から、判断し易い画像取得が求められる。従来技術であるファイバースコープでは、視野が狭い、カメラ方向の操作がスムーズにいかない等の問題から未撮影箇所の発生が懸念された。そこで360°カメラを活用して短時間でより広範囲の画像取得ができないか検討を行った。

本稿では、360°カメラを活用した覆工背面の空洞探査方法の活用とその効果について報告する。

2. 使用した機器の特徴

使用したファイバースコープ¹⁾、360°カメラの機器性能を示す。（図-1、図-2）

仕様	メーカー
先端部外径：φ6.9mm 有効長：3m 水平：72° 垂直：54°（対角90°） 視察深度：20mm～∞ 照明：超高輝度白色4灯 画像：3.5inch カラーデジタル TFT メディア：MicroSD カード	アールエフ

図-1 ファイバースコープ

仕様	メーカー
寸法：約 45.2 (W) × 130.6 (H) × 22.9 (D) mm 重量：約 121g 照明：テープ型 LED 静止画性能：5376pixel × 2688pixel 動画性能：3840pixel × 1920pixel / 29.97fps (4 k) 電源：内蔵リチウムイオンバッテリー 画像：スマートフォン、タブレット端末 Wi-Fi を使用して専用アプリケーションから遠隔確認が可能 メディア：スマートフォン、タブレット端末に保存、データ転送可能	RICOH

図-2 360°カメラ

3. 実施箇所

試験を実施した箇所は、山岳トンネル在来工法により施工されたトンネルの天頂部付近である。トンネル情報を下記に示す。（図-3、表-1）



図-3 断面図

表-1 トンネル情報

形状	在来線 側壁直型 単線 1 号型断面
延長	542.4m
建設年度	1960 年
最大土被り	50m 程度
工法	底設導工先進
構造	無筋コンクリート

4. 実施手順

次の実施手順で調査を行った。

- ・手順1：電磁波レーダーによる空洞探査
非破壊試験方法の1つである電磁波レーダーにより、覆工背面の空洞範囲を特定した。（図-4）
- ・手順2：コアボーリング
手順1の電磁波レーダーの結果からコアボーリング箇所を選定した。コア径は φ58mm のサイズで削孔した。（図-5）
- ・手順3：内部観察
ファイバースコープと 360°カメラを使用して内部の状態を確認した。（図-6）



図-4 電磁波レーダー探査状況



図-5 コア削孔状況



ファイバースコープ



360°カメラ

図-6 内部観察状況

キーワード トンネル背面空洞探査、ファイバースコープ、360°カメラ

連絡先 〒141-0033 東京都品川区西品川一丁目1番1号 大崎ガーデンタワー14階 TEL03-5435-7637

次の試験条件からファイバースコープ, 360°カメラの性能評価を行った。

- ・条件1: 覆工背面の全方位確認ができるか。
- ・条件2: 覆工背面は, 鮮明に確認できるか。
- ・条件3: 操作性, 相互確認は容易か。
- ・条件4: 取得画像の確認方法は容易か。

6. 結果

・条件1

ファイバースコープについては, 1回の撮影視野が限定されたため, 現地で各撮影を繋ぎ合わせて全周方向の画像化とすることは困難である。これにより, 撮影不足から空洞範囲の特定ができない恐れがあった。対して, 360°カメラは, 1回の撮影で全周方向の撮影が可能であり, 撮影画像の不足はなかった。(図-7)

・条件2

ファイバースコープについては, 超高輝度白色 4 灯を使用して撮影はできるが, 一定方向の照明のため, 広範囲の鮮明な画像取得には不向きであった。対して, 今回使用した 360°カメラ撮影用の機材照明は, LED 照明を設置することで広範囲まで照度の確保が可能であり, 鮮明な画像取得が可能であった。(図-8)

・条件3

ファイバースコープについては, 手元のモニターで内部状態の確認は可能ではあるが, 条件1で述べた撮影範囲が限定されるため, カメラ向き, 位置関係の確認が困難であった。対して, 今回使用した 360°カメラには, 専用アプリケーションを使い, Wi-Fi を通じてスマートフォン, タブレット端末を連携させる機能があり, 遠隔による確認が可能であった。撮影画像をスマートフォン, タブレット端末に保存し, 現場立会者以外への転送も容易であり, リアルタイムな情報共有も可能であった。(図-9)

・条件4

ファイバースコープについては, 部分的な範囲を 1 枚ずつの画像で確認するため, 撮影方向の確認が困難であった。対して, 360°カメラの撮影方向については, スケール位置を基準とすることで全周囲の撮影から位置関係の判読が容易であった。(図-10) また, 専用アプリケーションにより全方向から覆工背面の状態を 1 度に確認できた。(図-11)

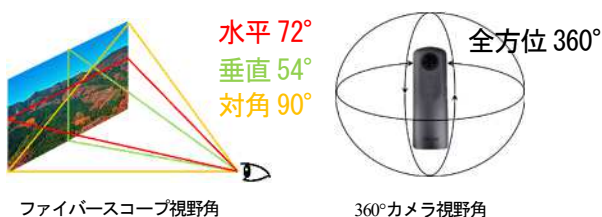


図-7 視野範囲



図-8 撮影用機材



図-9 遠隔操作状況

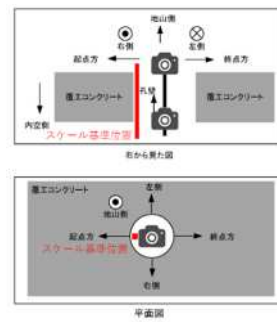


図-10 撮影方向の基準



図-11 撮影画像の比較

7. おわりに

一般的に使用されるファイバースコープと比べ, 市販の 360°カメラを使用することで, 短時間でより広範囲に覆工背面の調査が可能であり, 鉄道事業特有の時間の制約のなかで高い有効性が確認された。テープ型の LED 照明は, 加工も容易であり汎用性が高かった。スマートフォン, タブレット端末をアプリケーションと連携させてリアルタイムなモニタリングが可能となり, 今後の検査の遠隔化, 効率化が期待される。

他業種などでも 360°カメラの普及が進む中で, 今回使用した鉄道トンネルの覆工背面の調査以外の活用方法についても引き続き検討していきたい。

謝辞

360°カメラを活用したトンネル覆工背面の空洞調査にあたり, 応用地質株式会社の関係各位に御協力を頂いた。ここに記して, 感謝の意を申し上げる。

【参考文献】

- 1) 応用計測サービス株式会社 2022 年製品カタログ